

# Tema 5. ¿Cuántos? ¿Cuáles? Selección de la población de origen.

Restitución genética de poblaciones

Master Oficial en Técnicas de Caracterización y Conservación  
de la Diversidad Genética

José M. Iriondo  
Dept. Biología y Geología  
Universidad Rey Juan Carlos





# Elementos de diseño

## Programa de restitución:

1. **Comprender** en profundidad el funcionamiento de la especie, su rango ecológico y sus limitaciones.
2. Planteamiento de **objetivos** y medida del éxito
3. Diseño y ejecución del programa
  - Seleccionar adecuadamente el hábitat de destino. **¿Dónde?**
  - Introducir poblaciones que se asemejen a las poblaciones naturales viables en su tamaño y estructuración genética, etaria, espacial y sexual. **¿Cuántos? ¿Cuáles?**
  - Ejecución de la actuación **¿Cómo?**  
**Seguimiento.**



# ¿Cuántos?

Objetivo: Maximizar el crecimiento de la población y evitar la extinción local

- Tamaño de la población:
  - Mínima Población Viable.
  - Tamaños de poblaciones naturales viables.
  - Cuanto más mejor
  - No debe afectar a la población fuente



# ¿Cuántos?

## Refuerzo continuado:

- Puede ser necesario para completar el tamaño poblacional deseado.
- No se debe mantener de forma indefinida:
  - Reduce la fitness de la población nativa
  - Traslada maladaptación
  - Puede reducir la diversidad genética



# ¿Cuántos?

- *Narcissus cavanillesii*:
  - Toda la población
- *Cypripedium calceolus*:
  - 500 individuos (basado en poblaciones viables)
  - Todos los que se pueda propagar en un año
  - Campañas a lo largo de varios años



# ¿Cuáles?

- Viabilidad = f (reproducción, supervivencia).
- Evidencia empírica y de simulación: *mejores resultados con individuos adultos que con individuos recién nacidos o juveniles.*
- Mamíferos y aves: problemas de adaptación al medio natural.
- Recrear estructura de poblaciones naturales
  - liberaciones/plantaciones mixtas
  - liberaciones/plantaciones sucesivas

¿Cuáles?

# Composición genética

- **Objetivo:** Poblaciones autosostenibles adaptadas al lugar que posean la diversidad genética necesaria para experimentar cambios evolutivos adaptativos.
- **Factores:**
  - origen genético de los fundadores
  - número efectivo de individuos



# Origen genético de los fundadores

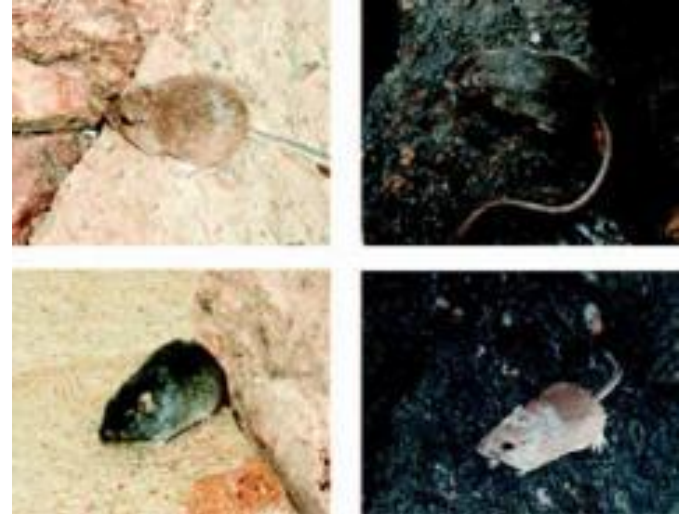
¿Cuáles?

- Población viable genéticamente más afín desde un punto de vista adaptativo:
  - Más cercana
  - Características ecológicas más próximas
  - Menor distancia genética
- Evitar material de origen desconocido.



## Ej. Selección del color en rock pocket mice (*Chaetodipus intermedius*)

- Roedores granívoros del desierto
- Normalmente color claro
- Hábito nocturno
- Depredados por lechuzas
- Los que viven sobre roca de lava son melánicos.
- Población melánica con mutación en el gen receptor melanocortin-1.
- Otras poblaciones melánicas no poseen estas mutaciones (evolución convergente)
- Implicaciones en restitución





¿Cuáles?

## Número de poblaciones fuente

- Una sola población siempre que ésta sea viable
- En general, no interesa mezcla de poblaciones salvo en casos extremos
  - Ruptura de complejos de genes de valor adaptativo
  - Depresión exogámica

# Número de poblaciones fuente

**Depresión exogámica:** Reducción de eficacia biológica tras cruzamiento entre poblaciones diferenciadas genéticamente en la primera y/o sucesivas generaciones.

- Ibex en Checoslovaquia (1951) Reintroducción de ejemplares de Austria seguido de ejemplares de otra subespecie de Turquía.
- Tema controvertido en cuanto a su extensión y relevancia.





# Número de poblaciones fuente

## Depresión exogámica:

- Más frecuente cuando el cruzamiento tiene lugar entre poblaciones con elevada adaptación a condiciones locales y escasa dispersión.
- Más evidencias en plantas que en animales.
- No se mantiene durante muchas generaciones debido a la acción de la selección natural.



# Número de poblaciones fuente

- Uso de múltiples fuentes: Equilibrio entre utilización de población más cercana y la introducción de proporciones decrecientes de genotipos más distantes que aportan diversidad genética.
- Predictive sourcing: utilización de modelos para la selección de poblaciones fuente con genotipos adaptados a las condiciones actuales o futuras de la localidad de destino.

# Población *ex situ*

- Idealmente los fundadores se establecen directamente en la población de destino
- Cuando el número es escaso:
  - Propagación *ex situ*
  - Énfasis en el aumento de la población para evitar la pérdida de diversidad genética
  - Tamaño efectivo necesario ( $N_e$ ):  $475/L$
  - $L$ : Tiempo de generación (tiempo medio en adquirir la madurez)
  - Especie anual:  $N_e=475$

# Número efectivo

¿Cuáles?

- Maximizar el nº de genotipos fundadores
- Población Mínima Viable genética o el mayor número de individuos razonablemente posible
- Estructura de edades equilibrada
- Estructura espacial
- Propagación clonal: Mantener nº similares de propágulos para cada fundador





# Maximizar $N_e/N$

¿Cuáles?

- Recursos limitados
- Objetivo: maximizar  $N_e$  utilizando un mínimo de individuos.
- Igualar los tamaños de las familias
- Igualar la estructura sexual
- Igualar el tamaño de la población a lo largo de las generaciones
- Maximizar el tiempo de generación ( $L$ )





# Número efectivo

¿Cuáles?

**Plantas alógamas:** minimizar endogamia

- Plantar los distintos genotipos de forma sistemática, no agrupar los clones.
- Marco de plantación a alta densidad para promover la fertilización cruzada.

¿Cuáles?

# Población *ex situ*

- Precaución con material criado/cultivado en condiciones *ex situ* durante varias generaciones:
- Deterioro por:
  - Pérdida de diversidad genética
  - Depresión endogámica
  - Acumulación de mutaciones deletéreas
  - Adaptación genética a la cautividad

¿Cuáles?

# Población *ex situ*

- Vida en condiciones *ex situ* durante varias generaciones:
  - Desaparecen / cambian presiones selectivas por:
    - Depredadores
    - Parásitos
    - Enfermedades
    - Competencia
- Pérdida de fitness al devolverlos a la naturaleza

¿Cuáles?

# Población *ex situ*

- Factores:
  - N° generaciones en cautividad
  - Tiempo de generación
  - Diferencial de selección
  - Tamaños poblacionales elevados
- Alternativas:
  - Crioconservación

¿Cuáles?

# Selección de individuos

- Saludables
- Alto potencial reproductivo
- Bajos coeficientes de endogamia
- Aportan diversidad genética a la población



¿Cuáles?

- *Narcissus cavanillesii*:
  - Población fuente: Montes Juntos
  - Todos
- *Cypripedium calceolus*
  - Selección del material de origen

¿Cuáles?

# *Cypripedium calceolus*

- Criterios
  - demográficos
  - ecológicos
  - geográficos
  - genéticos



¿Cuáles?

# *Cypripedium calceolus*

- Distribución actual

- Sallent (Sallent) 2353 individuos
- Pineta (Bielsa) 577 individuos
- Faja Tormosa (Bielsa) 183 individuos
- Ordesa (Torla) 8 individuos



¿Cuáles?

# *Cypripedium calceolus*

## Criterio demográfico

Población-núcleo	Tamaño (2001)
Sallent 1a	1968
Sallent 1b	158
Sallent 1c	72
Sallent 1d	155
Ordesa 2a	6
Ordesa 2b	2
Pineta 3a	413
Pineta 3b	154
Pineta 3c	7
Pineta 3d	3

¿Cuáles?

# *Cypripedium calceolus*

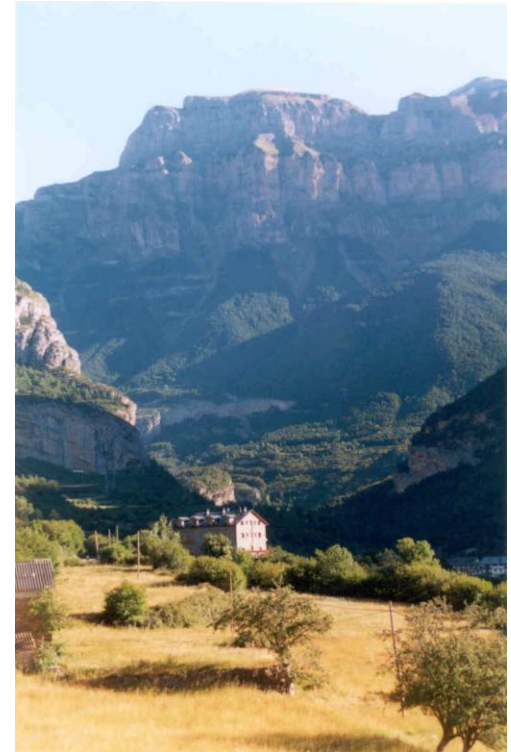
## Criterio demográfico

### Población-núcleo Tamaño (2001)

Sallent 1a	1968
Sallent 1b	158
Sallent 1c	72
Sallent 1d	155
Ordesa 2a	6
Ordesa 2b	2
Pineta 3a	413
Pineta 3b	154
Pineta 3c	7
Pineta 3d	3

# Criterio ecológico

- Sallent de Gállego
  - sustrato calizo
  - suelos coluviales desarrollados
  - laderas de fuerte pendiente
  - orientación Norte
  - hayedo - pastizal
  - altitud 1460-1625 m



# Criterio ecológico

## ○ Pineta

- depósitos aluviales de fondo de valle
- capa freática superficial
- bosque mixto de ribera, fondo de barranco y piso altimontano
- altitud 1200-1250 m





# Criterio ecológico

¿Cuáles?

- Valle de Ordesa
  - más parecido a Sallent de Gállego
  - hayedo, caliza, pendiente



# Criterio geográfico

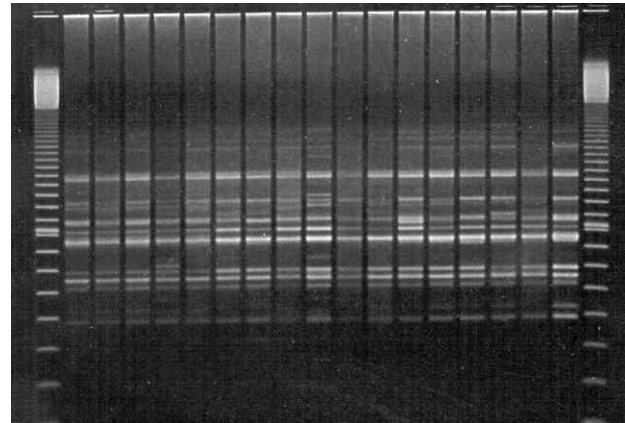
¿Cuáles?

- Línea recta
  - Ordesa - Pineta: 12 km
  - Ordesa - Sallent: 27 km
- Por carretera
  - Ordesa - Pineta: 72 km
  - Ordesa - Sallent: 43 km

# Criterio genético

¿Cuáles?

- Marcadores moleculares basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)
- ISSR (Inter Simple Sequence Repeat)
  - Sallent (50)
  - Pineta (50)
  - Ordesa (5)
  - Faja Tormosa (50)





# Criterio genético

¿Cuáles?

- 28 bandas polimórficas
- Porcentaje de bandas polimórficas
  - 51% Pineta
  - 38% Sallent
  - 28% Ordesa
  - 16% Faja Tormosa





# Criterio genético

¿Cuáles?

- Análisis Molecular de Varianza (AMOVA)
  - 78,5% dentro de poblaciones
  - 21,5% entre poblaciones

Sallent  
Ordesa  
Pineta

0,90

0,93

0,95

0,98

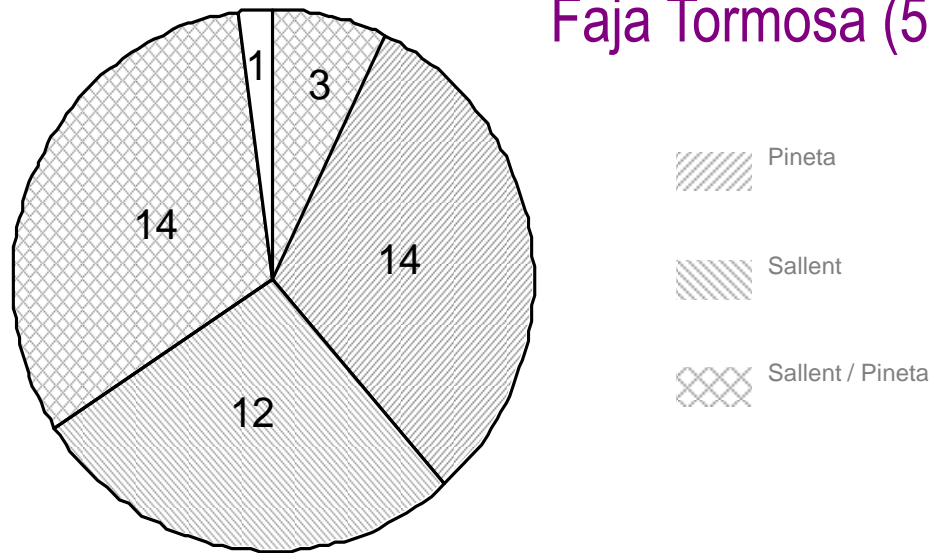
1,00

Coefficiente de Nei

Sa1  
Sa10  
Sa63  
Sa113  
Pi62  
Pi64  
Or104  
Or108  
Or107  
Pi62  
Sa6  
Sa33  
Sa35  
Sa42  
Pi53  
Sa21  
Pi103  
Pi99  
Pi86  
Sa22  
Sa31  
Sa43  
Sa14  
Sa43  
Pi77  
Sa28  
Pi78  
Pi79  
Pi95  
Pi62  
Pi71  
Pi73  
Sa88  
Pi89  
Pi88  
Pi84  
Pi85  
Pi86  
Pi90  
Pi100  
Pi101  
Sa99  
Sa97  
Sa98  
Sa91  
Sa95  
Sa96  
Sa47  
Sa44  
Sa36  
Sa34  
Pi57  
Sa94  
Sa91  
Sa33  
Pi58  
Pi67  
Pi76  
Pi80  
Pi80  
Pi75  
Sa93  
Sa20  
Sa41  
Sa43  
Sa43  
Sa40  
Sa46  
Sa50  
Sa11  
Sa38  
Pi58  
Pi56  
Pi69  
Pi70  
Pi83  
Pi83  
Sa24  
Sa44  
Sa26  
Sa37  
Pi82  
Pi86  
Pi54  
Pi55  
Or105

# Criterio genético

¿Cuáles?





# Criterio genético

¿Cuáles?

- Escasa diversidad genética en las poblaciones del PNOMP
- Baja diferenciación genética entre poblaciones
- Tanto Sallent como Pineta son opciones válidas

# Restoration gene pool concept

(Jones, 2003; Jones & Monaco, 2007)

Gene Pool	Ecosistema	Lugar	Taxón	Ident. Genet.	Adapt. Ecol.	Var. Genet.
1A	Igual	Igual	Igual	Muy alta	Alta	Baja
1B	Igual	Múltiple similar	Igual	Muy alta	Alta	Moderada
1C	Igual	Diferente	Igual	Alta	Alta	Baja
2A	Diferente	Diferente	Igual	Baja	Moderada	Baja
2B	Diferente	Diferente (varios orig)	Igual	Moderada	Moderada	Alta
3 (híbrido)	Diferente	Diferente	Cercano	Muy baja	?	Alta
4A (nativo)	Diferente	Diferente	Lejano	Diferente	Muy alta	Variable
4B (introd)	Diferente	Diferente	Lejano	Diferente	Muy alta	Variable